



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟标准

AI1/008-2021

工业互联网边缘计算 边缘网关技术 要求及测试方法

Industrial Internet Edge Computing
Technical Requirements and Testing
Standards of Edge Gateway

工业互联网产业联盟
(2021年8月31日)

声 明

本报告所载的材料和信息，包括但不限于文本、图片、数据、观点、建议，不构成法律建议，也不应替代律师意见。本报告所有材料或内容的知识产权归工业互联网产业联盟所有（注明是引自其他方的内容除外），并受法律保护。如需转载，需联系本联盟并获得授权许可。未经授权许可，任何人不得将报告的全部或部分内容以发布、转载、汇编、转让、出售等方式使用，不得将报告的全部或部分内容通过网络方式传播，不得在任何公开场合使用报告内相关描述及相关数据图表。违反上述声明者，本联盟将追究其相关法律责任。

工业互联网产业联盟

联系电话：010-62305887

邮箱：aia@caict.ac.cn

目 次

前言.....	1
1. 范围.....	2
2. 规范性引用文件.....	2
3. 缩略语.....	2
4. 工业互联网边缘网关概述及参考模型.....	3
4.1 定义.....	3
4.1 边缘网关在工业互联网中的位置.....	3
4.2 边缘网关的模型参考架构.....	4
5. 工业互联网边缘网关技术要求.....	5
5.1 硬件基本能力要求.....	5
5.1.1 用户侧接口.....	5
5.1.2 网络侧接口.....	5
5.1.3 计算存储基础能力.....	5
5.1.4 稳定性.....	5
5.1.5 并发性.....	6
5.2 网络要求.....	6
5.2.1 网络切换要求.....	6
5.3 控制功能要求.....	6
5.3.1 PLC 控制.....	6
5.3.2 运动控制.....	6
5.3.3 输入输出 (I/O)	6
5.3.4 数/模转换.....	6
5.4 数据采集分析要求.....	6
5.4.1 数据采集时延要求.....	6

5.4.2	数据采集频率要求	7
5.4.3	协议转换功能	7
5.5	断网续传要求	7
5.5.1	断网续传功能	7
5.5.2	边缘缓存功能	7
5.5	数据分析要求	7
5.6.1	数据预处理功能	7
5.6.2	数据分析功能	7
5.6.3	数据可视化管理功能	7
5.7	开发环境要求	8
5.7.1	编程环境	8
5.8	边缘智能要求	8
5.8.1	任务编排	8
5.8.2	算法模型部署	8
5.9	协同功能要求	8
5.9.1	网关协同	8
5.9.2	边云协同	8
5.9.3	独立运行	8
5.9.4	服务调用	8
5.10	运维管理要求	8
5.10.1	注册管理	9
5.10.2	被注册管理	9
5.10.3	运维功能	9
5.10.4	日志管理	9
5.10.5	告警管理	9

5.10.6	应用被部署和全生命周期被管理.....	9
5.11	安全要求.....	9
5.11.1	身份认证.....	9
5.11.2	网络安全.....	9
5.11.3	数据加密.....	10
5.11.4	隐私保护.....	10
5.12	工作环境要求.....	10
6.	工业互联网边缘网关测试方法.....	10
6.1	硬件测试方法.....	10
6.1.1	用户侧接口测试.....	10
6.1.2	网络侧接口测试.....	11
6.1.3	计算存储基础能力测试.....	11
6.1.4	稳定性测试.....	11
6.1.5	并发性测试.....	12
6.2	网络测试方法.....	12
6.2.1	网络切换测试.....	12
6.3	控制功能测试方法.....	13
6.3.1	PLC 控制测试.....	13
6.3.2	运动控制测试.....	13
6.3.3	输入输出（I/O）测试.....	14
6.3.4	数/模转换测试.....	14
6.4	数据采集处理测试方法.....	14
6.4.1	数据采集时延测试.....	14
6.4.2	数据采集频率测试.....	15
6.4.3	协议转换测试.....	15

6.5 断网续传测试.....	16
6.5.1 断网续传功能测试.....	16
6.5.2 边缘缓存测试.....	16
6.6 数据分析测试.....	16
6.6.1 数据预处理功能测试.....	16
6.6.2 数据分析功能测试.....	17
6.6.3 数据可视化管理功能测试.....	17
6.6 开发环境测试方法.....	18
6.7.1 编程环境测试.....	18
6.8 边缘智能测试方法.....	18
6.8.1 任务编排功能测试.....	18
6.8.2 算法模型部署功能测试.....	18
6.9 协同测试方法.....	19
6.9.1 网关协同测试.....	19
6.9.2 边云协同测试.....	19
6.9.3 独立运行测试.....	20
6.10 运维管理测试方法.....	20
6.10.1 注册管理测试.....	20
6.10.2 被注册管理测试.....	21
6.10.3 运维功能测试.....	21
6.10.4 日志管理测试.....	21
6.10.5 告警管理测试.....	22
6.10.6 应用被部署测试及全生命周期被管理.....	22
6.11 安全功能测试方法.....	22
6.11.1 身份认证测试.....	22

6.11.2 网络安全测试.....	23
6.11.3 数据加密测试.....	23
6.11.4 隐私保护测试.....	24



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

前 言

为适应我国工业互联网新形势需求，推进IT技术与OT技术的深度融合，完善边缘计算新生态模式系列标准的相关标准体系，制定边缘网关技术指标及要求，针对支撑边缘计算需求的边缘网关提出可供参考的测试方法规范。用测试标准引领产品研发、指导产品设计、制造与验收。

本标准按照GB/T1.1-2009给出的规则起草。

随着技术的发展，还将制定后续的相关标准。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：中国信息通信研究院、联想（北京）有限公司、北京和利时智能技术有限公司、树根互联技术有限公司、浪潮软件科技有限公司、中兴通讯股份有限公司、华为技术有限公司。

本标准主要起草人：王哲，黄颖，汤立波，翁志强，孔令波，黄还青，王亚鹏，李天辉，王伟，王奚

工业互联网边缘计算 边缘网关技术要求及测试方法

1. 范围

规定了工业互联网边缘网关技术要求及测试方法，包括边缘网关硬件能力要求以及设备接入管理、轻量级虚拟化、数据分析等功能要求和对应的测试方法。

本规范适用于边缘网关的测试和选型。其他类似边缘侧的边缘网关可参照本部分。

2. 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 25069-2010 信息安全技术 术语

3. 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ARP	地址解析协议	Address Resolution Protocol
DHCP	动态主机配置协议	Dynamic Host Configure Protocol
DMZ	隔离区	De-Militarized Zone
DNS	域名系统	Domain Name System
DSCP	差分服务代码点	Differentiated Services Code Point
EMS	网元管理系统	Element Management System
FTP	文件传输协议	File Transfer Protocol
HTTP	超文本传输协议	Hyper Text Transfer Protocol
IP	互联网协议	Internet Protocol

IPSec	互联网安全协议	Internet Protocol Security
L2TP	第 2 层隧道协议	Layer 2 Tunneling Protocol
LAN	局域网	Local Area Network
MAC	媒质访问控制	Medium Access Control
NAPT	网络地址端口转换	Network Address Port Translation
NAT	网络地址转换	Network Address Translation
PPPoE	以太网承载点对点协议	Point-to-Point Protocol over Ethernet
QoS	服务质量	Quality of Service
TCP	传输控制协议	Transmission Control Protocol
UDP	用户数据报协议	User Datagram Protocol
URL	统一资源定位符	Uniform Resource Locator
VLAN	虚拟局域网	Virtual Local Area Network
VPN	虚拟专用网络	Virtual Private Network
WAN	广域网	Wide Area Network
WLAN	无线局域网	Wireless Local Area Network

4. 工业互联网边缘网关概述及参考模型

4.1 定义

在工业互联网中通过网络联接、协议转换等功能联接物理和数字世界，提供轻量化的联接管理、实时数据分析及应用管理等边缘计算功能的网关。

4.2 边缘网关在工业互联网中的位置

边缘网关在工业互联网网络中的位置如图 1 所示。

一般情况下，边缘网关处在行业用户内网，通过内网可以连接到边缘云，也可以与行业终端及设备/边缘控制器相连。

在行业用户需要的时候，边缘网关可以通过各类接口与公共电信网的接入网连接，与公网中的边缘云进行通信。

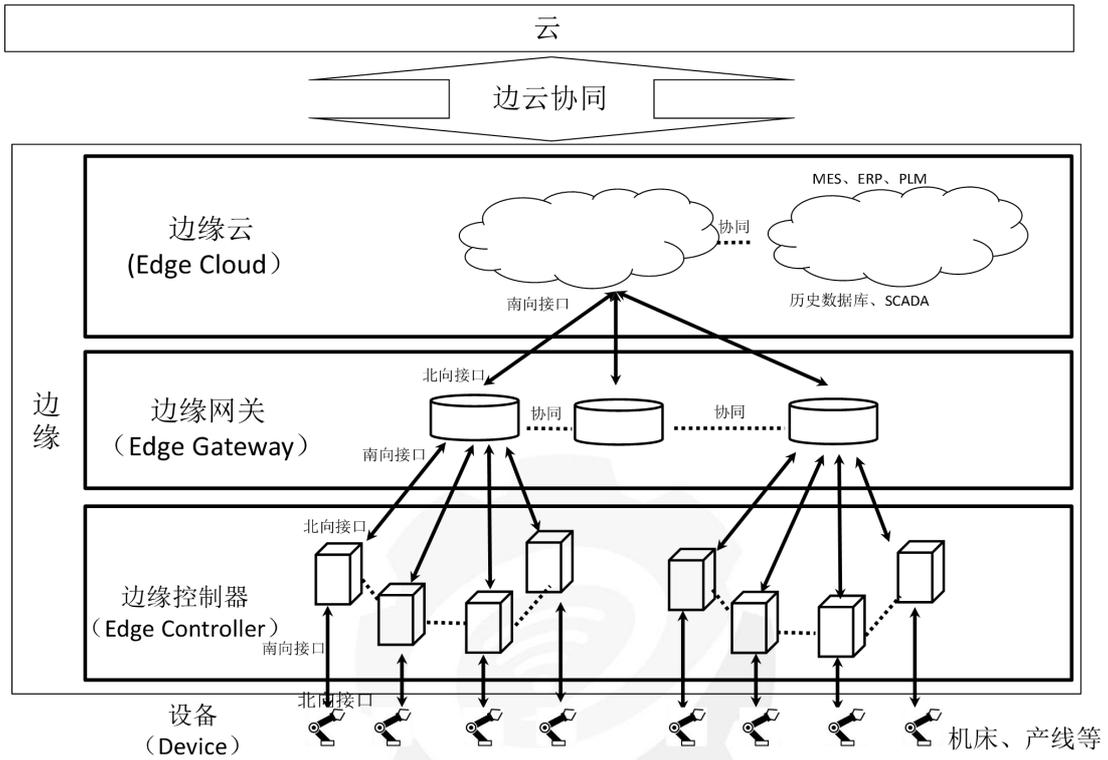


图 1 边缘网关部署示意图

4.3 边缘网关的模型参考架构

图 2 为工业互联网边缘网关功能模块划分示意图，总体分为网络、边缘计算以及管理三大能力，包含传输介质、设备接口、操作系统、网络能力、边缘计算能力、AI、硬件加速卡（或专用芯片）、管理以及 WAN 接口等模块。

传输介质层和设备接口层主要用于连接多种多样的现场设备；

网络能力包括接入、转发、组网、透传、互传等传统网关功能；

边缘计算能力通过虚拟化技术实现，主要分为协议识别、核心服务和功能能力三部分；

边缘业务指工业互联网边缘计算业务，通过各种边缘计算能力 API 构建，包括机器视觉、工业控制、预测性维护等；

WAN 接口层支持 4G/5G、以太网以及 PON 等协议。另外，网关支持网络资源、设备日志、容器资源等管理功能。

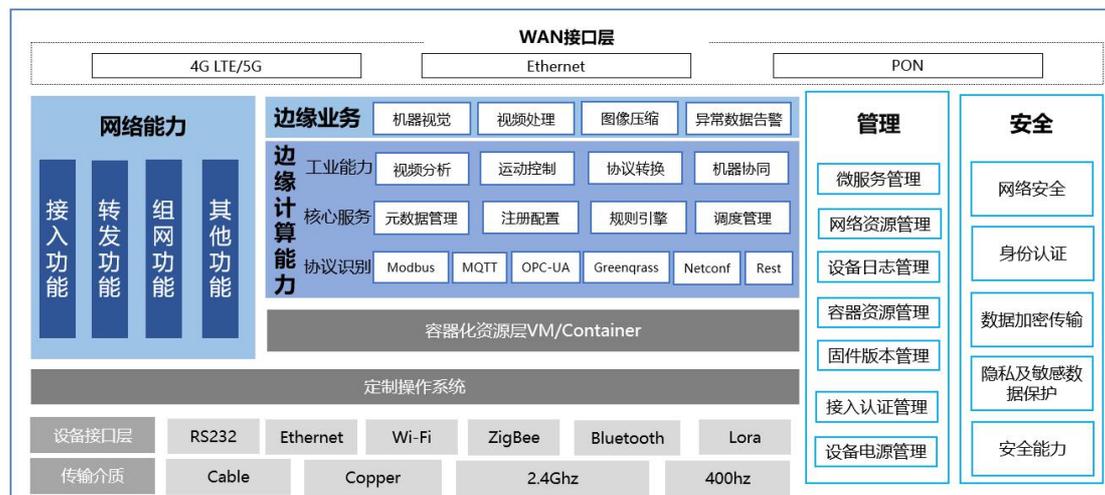


图 2 边缘网关模型架构图

5. 工业互联网边缘网关技术要求

5.1 硬件基本能力要求

5.1.1 用户侧接口

具备支持连接 PLC、现场设备、边缘控制器的用户侧接口，包括 USB 或串行等接口。

5.1.2 网络侧接口

应具备支持连接边缘云、中心云、电信网的网络侧接口，包括以太网或蜂窝网等接口。

5.1.3 计算存储基础能力

应具备计算和存储等基础能力，包括 I/O 性能、读写性能、平均 I/O 响应时间等。

5.1.4 稳定性

应具备 7x24 小时以上时间稳定运行能力，支持大量数据长时接入，数据无丢失、错乱、异常，系统无挂死、重启，无内存泄露等。

5.1.5 并行性

应具备同时接入多设备的能力，包括传感器、PLC、边缘控制器或其他设备。

5.2 网络要求

5.2.1 网络切换要求

应具备网络的自动切换能力，同时支持以太网、蜂窝网等方式接入。

5.3 控制功能要求

5.3.1 PLC 控制

宜具有可编程逻辑控制（PLC）功能。

5.3.2 运动控制

应支持设备的运动控制。

5.3.3 输入输出（I/O）

应具有通用 I/O、系统 I/O（包括急停、启动、停止、暂停、报警等）及自定义 I/O 功能。

5.3.4 数/模转换

应具备数/模、模/数等转换功能。

5.4 数据采集分析要求

5.4.1 数据采集时延要求

数据采集时延应低于 200ms。

5.4.2 数据采集频率要求

数据采集频率应高于 5 次/秒。

5.5 协议转换功能

应支持一种或多种总线协议的转换（例如 Profinet、Ethernet/IP、Modbus TCP、Modbus RTU，OPC UA、OPC DA、Profibus-DP，Deveice NET，Etherncat），支持通过 OPC UA 或 MQTT 等协议向北向发送采集的数据。

5.6 断网续传要求

5.6.1 断网续传功能

应具备断网续传功能，在网络恢复后，支持连续且稳定的数据上传功能。

5.6.2 边缘缓存功能

应具备边缘缓存功能，断网或者网络传输中断的情况下，应缓存的全量数据。

5.7 数据分析要求

5.7.1 数据预处理功能

应具备数据预处理功能，支持对所收集数据进行分类或分组前所做的审核或筛选或排序等必要的处理。

5.7.2 数据分析功能

应具备数据分析功能，支持数据分析所必备的计算引擎或数据规则引擎或数据空间管理等功能。

5.7.3 数据可视化管理功能

应具备数据可视化管理功能，以图形表示所采集数据及信息。

5.8 开发环境要求

5.8.1 编程环境

应支持一种或以上主流的编程语言及其运行环境，包括但不限于 C、C++、Java 等。

5.9 边缘智能要求

5.9.1 任务编排

应支持任务编排功能，应接受并执行来自北向的任务编排，如运算逻辑等。

5.9.2 算法模型部署

应支持云端模型算法下发部署，并通过定期更新模型算法来同步边缘智能。

5.10 协同功能要求

5.10.1 网关协同

应支持边缘网关协同功能，由多台网关形成的分布式集群，可以实现不同的网关之间无差别的通信。

5.10.2 边云协同

应支持边云协同功能，支持边缘侧与中心云端数据协同、资源协同等。

5.10.3 独立运行

边缘节点与云端断开连接后应能够独立运行。

5.10.4 服务调用

应支持边缘网关间服务调用，应支持资源调度等功能。

5.11 运维管理要求

5.11.1 注册管理

应具备支持多个工业设备接入的能力，应支持对 PLC、边缘控制器等设备注册管理。

5.11.2 被注册管理

应具备设备注册被管理功能，支持边缘网关在边缘云进行设备注册，应提供自身的设备信息（向北向），接受来自北向的设备注册管理（自北向）。

5.11.3 运维功能

应具备远程重启、系统升级、观测状态等功能。

5.11.4 日志管理

应具备日志管理功能，能够记录包括系统日志，能够记录网关设备的登录记录、管理配置操作。能够为日志记录带上时间戳并提供查询、清空日志记录功能，日志文件断电应不丢失。

5.11.5 告警管理

应具备现场或远程的故障告警功能。

5.11.6 应用被部署和全生命周期被管理

应接受来自北向的应用的部署和全生命周期管理，包括对应用进行安装、启动、停止、更新、卸载等操作。

5.12 安全要求

5.12.1 身份认证

应支持身份认证功能，应提供不同访问权限及认证管理。

5.12.2 网络安全

应支持网络安全功能，应支持提供网络安全，包含防火墙（Firewall）等。

5.12.3 数据加密

应支持数据安全功能，应支持数据加密或数据防篡改或数据防泄漏等功能

5.12.4 隐私保护

应支持隐私保护功能，应支持匿名的接入认证方案。

5.13 工作环境要求

支持电信级特性

通常温度环境：-20℃~55℃；

特殊温度环境：-40℃~85℃；

工作湿度：10%~95%无凝结；

大气压力：85kPa~106kPa。

6. 工业互联网边缘网关测试



6.1 硬件测试

6.1.1 用户侧接口测试

测试编号：6.1.1
测试项目：硬件测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关用户侧接口。
测试方法步骤： 1) 通过边缘网关接入 PLC 或现场其它设备； 2) 使用 MQTT、HTTP、OPC UA 等方式向边缘云转发数据； 3) 查看边缘云能否接收到正确数据。
预期结果： 使用不同接口连接用户侧与网络侧时，如果数据上报正确、稳定且连续并可以实现远程管理，判定测试通过， 如果数据中断或传输中断，则判定测试不通过。

6.1.2 网络侧接口测试

测试编号：6.1.2
测试项目：硬件测试
测试目的：测试边缘网关网络侧接口
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试方法步骤： 1) 在边缘网关中接入 PLC 或其它设备的数据； 2) 通过数据转发，转发至边缘云； 3) 边缘云配置转发方式，如以太网或 WiFi 等方式； 4) 查看中心云能否接收到正确数据。
预期结果： 边缘网关支持以太网等接口，并运行正常稳定。

6.1.3 计算存储基础能力测试

测试编号：6.1.3
测试项目：硬件测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试被测边缘网关计算及存储等基础能力。
测试方法步骤： 1) 测试写连续最大 flash 数据，记录最大值； 2) 测试单条记录的写速度，单条记录数据量 256 字节。 3) 测试读单条记录的速度。 a) 测试循环读取多条记录的速度。
预期结果： 具备计算和存储等基础能力。

6.1.4 稳定性测试

测试编号：6.1.4
测试项目：硬件测试

<p>预置条件：</p> <p>硬件环境运行正常、网络运行正常</p>
<p>测试目的：测试被测边缘网关运行稳定性。</p>
<p>测试方法步骤：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 边缘网关与现场 PLC 或数据模拟系统连接； 2) 在 PLC 或数据模拟系统中配置出大量且持续发送的数据； 3) 边缘云连续运行负载 7x24 小时； 4) 验证边缘有无进程挂死，数据丢失等现象； 5) 观察测试期间的系统负载情况。
<p>预期结果：</p> <p>边缘网关稳定运行 6*24 小时以上，期间无异常发生，包括接入数据无丢失、错乱，进程无挂死，重启，内存和 CPU 平稳。</p>

6.1.5 并发性测试

<p>测试编号：6.1.5</p>
<p>测试项目：硬件测试</p>
<p>预置条件：</p> <p>硬件环境运行正常、网络运行正常</p>
<p>测试目的：测试被测边缘控网关并发性。</p>
<p>测试方法步骤：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 通过测试系统模拟出 200 个 PLC 设备，使这些设备同时与边缘网关建立连接； 2) PLC 向边缘网关发送数据； 3) 逐量增加接入的 PLC 数量，在边缘网关中观察页面加载是否流畅，数据是否准确无丢失，并记录边缘网关可接入的最大 PLC 数量。
<p>预期结果：</p> <ol style="list-style-type: none"> a) 记录边缘网关可接入设备数量最大值。 b) 各点实时值上传正确，无漏采值，无重复值 c) 各点值上行时间无明显延迟

6.2 网络测试

6.2.1 网络切换测试

<p>测试编号：6.2.1</p>
<p>测试项目：网络测试</p>
<p>预置条件：</p> <p>硬件环境运行正常、网络运行正常</p>

测试目的：测试边缘网关网络功能。
测试方法步骤： 1) 在边缘网关上同时连接两种或两种以上的网络，如：无线 WIFI，以太网等； 2) 启动边缘网关，在中心云中检测边缘网关能否接入； 3) 在边缘网关中断开任意连接的网络，在中心云观察边缘网关是否可以正常接入。
预期结果： 在断开任意一种网络的情况下，如果中心云可以正常接入边缘网关，或者短期中断并能在指定时间内恢复，判定测试通过。

6.3 控制功能测试

6.3.1 PLC 控制测试

测试编号：6.3.1
测试项目：控制功能测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关 PLC 控制的功能。
测试方法步骤： 1) 待评测的边缘网关与现场 I/O 进行连接(根据 I/O 支持的接口进行连接，例如：串口、以太网、CAN、4G、5G 等)； 2) 边缘网关组态简单数字量输入与数字量输出的逻辑关系，下装到边缘网关上部署的 PLC，使用测试设备给定数字量输入信号，观察数字量输出是否按照逻辑输出； 3) 边缘网关组态简单模拟量输入与模拟量输出的逻辑关系，下装到边缘网关上部署的 PLC，使用测试设备给定模拟量输入信号，观察模拟量输出是否按照逻辑输出； 4) 预设的顺序控制和过程控制逻辑代码，验证执行结果。
预期结果： 1) 边缘网关可与现场 I/O 进行连接，并运行正常； 2) 可根据输入的条件产生对应的逻辑输出； 3) 可根据输入的条件产生对应的模拟信号输出。

6.3.2 运动控制测试

测试编号：6.3.2
测试项目：控制功能测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关运动控制的功能。

测试方法步骤： 1) 边缘网关通过 PLC 连接伺服电机或其他设备； 2) 边缘网关能够对伺服电机或其他设备进行启动、停止等操作；
预期结果： 边缘网关能够对伺服电机或其他设备进行运动控制。

6.3.3 输入输出（I/O）测试

测试编号：6.3.3
测试项目：控制功能测试
预置条件：硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关输入输出功能。
测试方法步骤： 1) 在数据源 PLC 的编程软件中，做出若干周期变化的点位，输出到数字量输出、模拟量输出模块中； 2) 通过电缆连接，将数据源 PLC 中的数据通过电气连接的方式传输到被测边缘控制器中； 3) 通过边缘网关进行相关协议的配置，将边缘控制器中的数据采集并转发到测试平台； 4) 验证接入的数据的准确性。
预期结果： 验证边缘网关的输入输出功能

6.3.4 数/模转换测试

测试编号：6.3.4
测试项目：控制功能测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关数模转换的功能。
测试方法步骤： 1) 添加一块测量电压、电流的仪表，该测量仪表为 4-20mA 直流电流输出。 2) 将线缆接入到 PLC 的模拟量输入模块中。 3) 在数据源 PLC s6-1200 的模拟量输出模块的线缆连接到其他品牌 PLC 的模拟量输入模块中。 4) 数据源 PLC 中的数据由测试平台下发。 5) 边缘网关对 PLC 进行数据采集。
预期结果： 1) 可添加模拟量信号，配置为压力，单位为 MPA。有数字量到模拟量转换关系式参数配置，配置正确后，可采集并显示当前压力值； 2) 支持各类常用模拟量添加。

6.4 数据采集处理测试

6.4.1 数据采集时延测试

测试编号：6.4.1
测试项目：数据采集处理测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常。
测试目的：测试边缘网关数据采集时延。
测试方法步骤： 1) 在边缘网关中配置采集 PLC 时间点，进行采集； 2) 在边缘网关中进行转发配置，将采集到的时间转发至检测平台，同时检测采集当前的 PLC 时间； 3) 检测平台采集到的 PLC 时间与边缘网关的检测时间和误差时间做差值，即为传输延时。
预期结果： 通过校验边缘网关采集的数据及数据模拟系统时间是否规律，确认是否达到其系统设计的采样间隔及连续性，如果达到其设计标准，则认为测试通过，否则认为测试不通过。

6.4.2 数据采集频率测试

测试编号：6.4.2
测试项目：数据采集处理测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关数据采集频率。
测试方法步骤： 1) 边缘计算网关对 PLC 周期变化数据（建立每 250 毫秒、500 毫秒、1 秒、5 秒递增数）进行采集，同时也对 PLC 的时间的进行周期采集； 2) 通过时间与周期变化数据的双重校验，对边缘网关的采集的连续性进行测试。
预期结果： 通过校验边缘计算设备采集的数据及 PLC 时间，达到其系统设计的采样间隔及连续性。

6.5 协议转换测试

测试编号：6.5
测试项目：协议转换测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关协议转换功能。
测试方法步骤： 1) 配置 PLC 产生测试数据。 2) 配置 PLC 对外提供不同的协议（OPC UA, MODBUS 等） 3) 配置边缘网关通过不同的南向协议采集数据，并通过北向统一协议（mqtt, tcp 等）发送至边缘云 4) 检查边缘云接收的数据

预期结果：

边缘网关能够成功转换不同工业协议的数据，并能查询到转换后的数据；同时边缘云能够接收到边缘网关通过不同协议发送的数据，并能查询到数据；

6.6 断网续传测试

6.6.1 断网续传功能测试

测试编号：6.6.1
测试项目：断网续传测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关断网续传能力。
测试方法步骤： 1) 在测试平台中设置边缘网关通过 mqtt 或 http 方式传输数据到中心云的测试脚本，启动测试； 2) 手动断开边缘网关的网线，30 秒后，结束测试脚本，对比边缘网关侧观察数据传输能否恢复；
预期结果： 如果网络恢复后，有连续且稳定的数据上报，则可判定测试通过，如果数据始终未恢复上报，则可判定测试不通过。

6.6.2 边缘缓存测试

测试编号：6.6.2
测试项目：断网续传测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关边缘缓存能力。
测试方法步骤： 1) 配置 PLC 产生测试数据，设置数据的采集频率。 2) 置边缘网关通过南向协议采集数据，并通过北向统一协议（mqtt, tcp 等）发送至云平台。 3) 手动断开边缘网关的网线 30 秒。 4) 在被测试设备中检测缓存的数据，根据数据采集的规则，判断已缓存数据的完整性和连续性
预期结果： 若边缘设备中数据完整，按采集频率连续，可判定为测试通过，否则认为不通过。

6.7 数据分析测试

6.7.1 数据预处理功能测试

测试编号：6.7.1

测试项目：数据分析测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关数据预处理功能。
测试方法步骤： 1) 被测边缘计算设备与 PLC 或数据模拟系统连接，设置 PLC 或数据模拟系统持续发送数据； 2) 被测边缘计算设备对数据进行预处理，例如将采集到的工程值转换成实际对应的仪表数值，数字量可否进行滤波等操作； 3) 设定数据筛选（选择部分变量、删除部分变量、选取变量部分值等）；过滤（选择预先设定的过滤属性，对数据以结构分层的方式进行预处理和输出，包括 比较，范围筛选，空值匹配，字符匹配和逻辑匹配等；滤波可用评测的方式进行考察）；抽取（选择预先设定的规则进行数据的抽取，包括：时间间隔、数值范围等）。
预期结果： 可以提供完整的数据预处理方法和操作过程，可以设定数据筛选，过滤、抽取等，并支持可配置式的方式。

6.7.2 数据分析功能测试

测试编号：6.7.2
测试项目：数据分析测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关数据分析功能。
测试方法步骤： 1) 在边缘端连接 PLC 或其他设备采集现场的工业数据； 2) 在边缘网关上添加数据规则引擎，如： $(x+8)*2$ ；
预期结果： 边缘网关处理后的结果和预设相符

6.7.3 数据可视化管理功能测试

测试编号：6.7.3
测试项目：数据分析测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关数据可视化管理功能。
测试方法步骤： 1) 配置 PLC 或其他设备产生测试数据，并把采集的数据转发至边缘网关。 2) 在边缘网关通过简单的配置，可查看历史趋势、实时值。

预期结果:

边缘网关支持可视化管理功能,并可查询实时及历史,如果可以,则判定通过,反之不通过

6.8 开发环境测试

6.8.1 编程环境测试

测试编号: 6.8.1
测试项目: 开发环境测试
预置条件: 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的: 测试边缘网关编程功能。
测试方法步骤: 1) 在边缘网关中安装主流的编程语言,例如 python、java、C 等; 2) 运行相应语言的应用程序,并进行验证。
预期结果: 可正常安装并使用。

6.9 边缘智能测试

6.9.1 任务编排功能测试

测试编号: 6.9.1
测试项目: 边缘智能测试
预置条件: 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的: 测试边缘网关任务编排功能。
测试方法步骤: 1) 通过配置现场的 PLC 或其他设备进行数据采集; 2) 能够对采集数据乘以 2 3) 能够筛选低于某个特定值的数据,并将计算结果上报至中心云 4) 在边缘网关中查看执行结果,无异常。
预期结果: 设备实际输出符合任务编排方案;

6.9.2 算法模型部署功能测试

测试编号: 6.9.2
测试项目: 边缘智能测试

<p>预置条件：</p> <p>硬件环境运行正常、网络运行正常</p>
<p>测试目的：测试边缘网关模型下发功能。</p>
<p>测试方法步骤：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 边缘网关中安装 python3 环境及机器学习库 sklearn 2) 运行提供的 top-N、Kmeans、SVM、线性回归、决策树等基本机器学习算法 3) 输出算法模型的执行结果及判定系数
<p>预期结果：</p> <p>可以正常输出算法模型的执行结果及判定系数</p>

6.10 协同测试

6.10.1 网关协同测试

<p>测试编号：6.10.1</p>
<p>测试项目：协同测试</p>
<p>预置条件：</p> <p>硬件环境运行正常、网络运行正常</p>
<p>测试目的：测试边缘网关东西向协同。</p>
<p>测试方法步骤：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 多个边缘网关进行连接，各边缘网关分别采集输入数据，通过边缘网关之间通信，使其他边缘网关获取各自的采集输入数据； 2) 各边缘网关分别采集输入数据，并对输入数据进行运算处理，通过边缘网关之间通信，使其他边缘网关获取各自的运算结果； 3) 单一边缘网关采集输入数据，对输入数据进行运算，并输出信号，通过边缘网关之间通信，使其他边缘网关输出相同的运算输出。
<p>预期结果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 网关互发数据正确实时存储，不会丢包，数据无错乱、乱码 2) 模型数据、实时数据、日志数据互相接收正确 3) 边缘网关可进行协同输入以及协同运算； 4) 边缘网关可进行协同输出。

6.10.2 边云协同测试

<p>测试编号：6.10.2</p>
<p>测试项目：协同测试</p>
<p>预置条件：</p> <p>硬件环境运行正常、网络运行正常</p>
<p>测试目的：测试边云协同功能。</p>
<p>测试方法步骤：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 通过云端对边缘节点进行启停操作； 2) 正常启动边缘节点，并向边缘节点部署应用，

3) 通过云平台向边缘网关下发安装应用的指令，并启动该应用； 4) 观测边缘网关应用执行结果； 5) 通过云平台向边缘网关下发升级应用的指令，并启动该应用； 6) 观测边缘网关应用执行的结果，并与升级前应用的执行结果有明显区别。
预期结果： 1) 能够从云端向边缘节点进行应用的下发部署，并且应用都能够运行正常。 2) 可以成功进行远程升级； 3) 可以成功对应用服务进行统一管理； 4) 可以离线自治。

6.10.3 独立运行测试

测试编号：6.10.3
测试项目：协同测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关独立运行功能。
测试方法步骤： 1) 断开边缘网关与中心云连接； 2) 在边缘网关上运行已安装应用，例如数据库等。 3) 观察应用是否可以顺利运行。
预期结果： 边缘网关在与云端断开连接后仍能够正常运行。

6.11 运维管理测试

6.11.1 注册管理测试

测试编号：6.11.1
测试项目：运维管理测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关注册管理功能。
测试方法步骤： 1) 在边缘网关中注册部分边缘控制器或 PLC； 2) 外部应用通过边缘网关访问边缘控制器； 3) 边缘网关对已接入设备进行注册、停用注册等操作
预期结果： 边缘网关具备对接入设备的管理功能，支持对设备的注册即为测试通过，否则为不通过。

6.11.2 被注册管理测试

测试编号：6.11.2
测试项目：运维管理测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关被注册管理功能。
测试方法步骤： 1) 边缘网关可以在中心云上进行注册； 2) 中心云可以对边缘网关进行注册、停用注册等操作； 3) 外部应用通过中心云访问边缘网关。
预期结果： 应具备设备注册被管理功能，支持边缘网关在边缘云进行设备注册，应提供自身的设备信（向北向），接受来自北向的设备注册管理（自北向）。

6.11.3 运维功能测试

测试编号：6.11.3
测试项目：运维管理测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关运维功能。
测试方法步骤： 远程升级： 1) 中心云能够查看边缘网关当前固件版本； 2) 中心云能够下发升级指令到边缘网关； 3) 中心云能够查看升级是否成功，对比固件版本应与升级前版本不同。 远程重启： 1) 中心云能够查看边缘网关的当前状态； 2) 中心云能够下发重启指令到边缘网关； 3) 中心云能够查看边缘网关是否重启成功。
预期结果： 边缘网关支持中心云进行远程升级、远程重启等操作

6.11.4 日志管理测试

测试编号：6.11.4
测试项目：运维管理测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关日志管理功能。

<p>测试方法步骤：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 边缘网关能够显示登录、退出平台的日志； 2) 边缘网关能够查看设备操作日志； 3) 边缘网关能够提供不同级别（info、debug）的日志查询操作； 4) 边缘网关能够根据日期进行日志查询。
<p>预期结果：</p> <p>检查日志，如果日志中记录了日志类型，登录时间，登录地址，登录用户名，开启或停止服务操作，组件更新等操作则评测通过，否则评测不通过。</p>

6.11.5 告警管理测试

测试编号：6.11.5
测试项目：运维管理测试
<p>预置条件：</p> <p>硬件环境运行正常、网络运行正常</p>
测试目的：测试边缘网关告警管理功能。
<p>测试方法步骤：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 边缘网关能够显示告警级别； 2) 边缘网关能够配置告警阈值； 3) 边缘网关能够通过邮件、短信等方式进行告警通知； 4) 边缘网关能够查看告警列表。
<p>预期结果：</p> <p>在边缘网关查看是否有报警提示，查看报警信息是否包含主要信息：报警时间，报警内容或错误码。</p>

6.11.6 应用被部署测试及全生命周期被管理测试

测试编号：6.11.6
测试项目：运维管理测试
<p>预置条件：</p> <p>硬件环境运行正常、网络运行正常</p>
测试目的：测试边缘网关任务被编排、应用被部署以及全生命周期被管理。
<p>测试方法步骤：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 边缘网关接入中心云并接受纳管； 2) 通过中心云向边缘网关下发并部署应用； 3) 启动应用检测下发的应用是否可以正常运行； 4) 停止应用进行删除或销毁操作。
<p>预期结果：</p> <p>应用可以成功部署及被管理</p>

6.12 安全功能测试

6.12.1 身份认证测试

测试编号：6.12.1
测试项目：安全功能测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关身份认证。
测试方法步骤： 1) 边缘网关支持用户身份认证和权限控制； 2) 支持对用户的增、删、改等权限的分离授权； 3) 能够对终端设备、边缘应用进行身份认证和权限管理；
预期结果： 边缘网关支持身份认证功能

6.12.2 网络安全测试

测试编号：6.12.2
测试项目：安全功能测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关网络安全。
测试方法步骤： 1) 边缘网关支持防火墙功能，支持多客户的分权限分角色的管理配置； 2) 启动防火墙功能，在本地打开一个特定的端口，Telnet 该端口； 3) 通过 IP TABLE 禁用该端口； 4) 再次 Telnet 该端口。
预期结果： 边缘网关具备防火墙（Firewall）、入侵检测和防护（IPS/IDS）、TLS 功能。

6.12.3 数据加密测试

测试编号：6.12.3
测试项目：安全功能测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关数据加密。
测试方法步骤： 1) 支持数据通信加密，用户上传及下载的数据进行加密通信，加密协议可以是 SSL、IPsec 等； 2) 支持数据访问权限和认证管理，用户只能访问自己的数据； 3) 支持对数据完整性进行校验。
预期结果： 边缘网关能够保证数据传输的私密性和完整性。

6.12.4 隐私保护测试

测试编号：8.12.4
测试项目：安全功能测试
预置条件： 硬件环境运行正常、网络运行正常
测试目的：测试边缘网关隐私保护。
测试方法步骤： 1) 设置边缘网关向边缘云传输敏感数据，对于含有敏感信息页面请求、响应等抓包测试，查看其中的敏感数据参数是否为明文； 2) 查看用户隐私信息是否支持匿名化显示：如电话号码、邮箱等。
预期结果： 1) 敏感信息传输为密文，且无法解析； 2) 用户信息在页面显示为*。